FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE
DE BORDEAUX

ANNÉE 1894-95 N° 44

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE

DE

L'INFLUENCE DE LA TENSION DE L'OXYGÈNE

SUR L'HÉMATOPOIÈSE ET SUR LES COMBUSTIONS RESPIRATOIRES

(Travail du Laboratoire de M. le professeur JOLYET).

THÈSE POUR LE DOCTORAT EN MÉDECINE

PRÉSENTÉE ET SOUTENUE PUBLIQUEMENT LE 11 JANVIER 1895

PAR

Jean SELLIER

LICENCIÉ ÈS-SCIENCES NATURELLES,
PRÉPARATEUR DE PHYSIOLOGIE A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE BORDEAUX,
LAURÉAT DE LA MÊME FACULTÉ (Prix des Amis de l'Université 1893-1894).

Né à Civrac (Gironde), le 25 juillet 1862.

EXAMINATEURS DE LA THÈSE

MM.	JOLYET,	professeur,	*président.*
	VIAULT,	professeur,	*juges.*
	PRINCETEAU,	agrégé,	*juges.*
	SIGALAS,	agrégé,	*juges.*

Le Candidat répondra aux questions qui lui seront faites sur les diverses parties de l'enseignement médical.

BORDEAUX
Imprimerie Vve Cadoret
17 — RUE MONTMÉJAN — 17

1895

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE
DE BORDEAUX

ANNÉE 1894-95 N° 44

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE

DE

L'INFLUENCE DE LA TENSION DE L'OXYGÈNE

SUR L'HÉMATOPOIÈSE ET SUR LES COMBUSTIONS RESPIRATOIRES

(Travail du Laboratoire de M. le professeur JOLYET).

THÈSE POUR LE DOCTORAT EN MÉDECINE

PRÉSENTÉE ET SOUTENUE PUBLIQUEMENT LE 11 JANVIER 1895

PAR

Jean SELLIER

LICENCIÉ ÈS-SCIENCES NATURELLES,
PRÉPARATEUR DE PHYSIOLOGIE A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE BORDEAUX,
LAURÉAT DE LA MÊME FACULTÉ (Prix des Amis de l'Université 1893-1894).

Né à Civrac (Gironde), le 25 juillet 1862.

EXAMINATEURS DE LA THÈSE

MM.	JOLYET,	professeur,	*président.*
	VIAULT,	professeur,	*juges.*
	PRINCETEAU,	agrégé,	
	SIGALAS,	agrégé,	

Le Candidat répondra aux questions qui lui seront faites sur les diverses parties de l'enseignement médical.

BORDEAUX
Imprimerie Vve Cadoret
17 — RUE MONTMÉJAN — 17

1895

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE BORDEAUX

M. PITRES..... Doyen.

PROFESSEURS :

MM. MICE..... } Professeurs honoraires.
AZAM..... }

Clinique médicale	MM. PICOT. PITRES.
Clinique chirurgicale	DEMONS. LANELONGUE.
Pathologie interne	DUPUY.
Pathologie et thérapeutique générales	VERGELY.
Thérapeutique	ARNOZAN.
Médecine opératoire	MASSE.
Clinique obstétricale	MOUSSOUS.
Anatomie pathologique	COYNE.
Anatomie	BOUCHARD.
Histologie et Anatomie générale	VIAULT.
Physiologie	JOLYET.
Hygiène	LAYET.
Médecine légale	MORACHE.
Physique	BERGONIÉ.
Chimie	BLAREZ.
Histoire naturelle	GUILLAUD.
Pharmacie	FIGUIER.
Matière médicale	DE NABIAS.
Médecine expérimentale	FERRÉ.
Clinique ophtalmologique	BADAL.
Clinique des maladies chirurgicales des enfants	PIÉCHAUD.

AGRÉGÉS EN EXERCICE

SECTION DE MÉDECINE

Pathologie interne et Médecine légale	MOUSSOUS. DUBREUILH. MESNARD. CASSAËT. AUCHÉ.

SECTION DE CHIRURGIE ET ACCOUCHEMENTS

Pathologie externe	POUSSON. DENUCE. VILLAR.
Accouchements	RIVIÈRE. CHAMBRELENT.

SECTION DES SCIENCES ANATOMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES

Anatomie et Physiologie. { MM. PRINCETEAU. N. | Histoire naturelle. N.

SECTION DES SCIENCES PHYSIQUES

Physique	MM. SIGALAS.
Chimie et Toxicologie	DENIGES.
Pharmacie	BARTHE.

COURS COMPLÉMENTAIRES

Clin. interne des enfants	MM. A. MOUSSOUS	Maladies mentales....	MM. RÉGIS.
Clin. des mal. syphil. et cutan...	DUBREUILH.	Pathologie externe ..	DENUCÉ.
Clin. des mal. des femmes.	BOURSIER.	Accouchements.....	RIVIÈRE.
Clin. des mal. des voies urin....	POUSSON.	Chimie	DENIGÈS.
Mal. du larynx, des oreilles et du nez.	MOURE.	Zoologie	BEILLE.

Le Secrétaire de la Faculté, LEMAIRE.

« Par délibération du 5 août 1879, la Faculté a arrêté que les opinions émises dans les » Thèses qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs » et qu'elle n'entend leur donner ni approbation ni improbation. »

A MON CHER MAITRE

Le présent travail a été fait dans le Laboratoire de physiologie. Il m'a été inspiré par M. le professeur Jolyet. Les conseils de ce Maître m'ont été si utiles que certainement il ne m'eût pas été possible de le mener à bien sans les précieux renseignements qu'il n'a jamais cessé de me prodiguer.

Je le prie d'accepter la dédicace de ce mémoire comme témoignage de ma profonde reconnaissance envers lui, tant pour l'intérêt que peuvent présenter ces recherches, dont tout le mérite lui revient, que pour les connaissances physiologiques qu'il m'a été possible d'acquérir auprès de lui, toujours guidé par ses savants conseils, depuis tantôt quatre ans que je suis son préparateur.

J. Sellier.

CONTRIBUTION A L'ETUDE

DE

L'INFLUENCE DE LA TENSION DE L'OXYGÈNE

SUR L'HÉMATOPOIÈSE ET SUR LES COMBUSTIONS RESPIRATOIRES

(Travail du Laboratoire de M. le professeur JOLYET).

INTRODUCTION

Des chercheurs nombreux ont fait, dans ces dernières années, de multiples expériences pour constater et expliquer l'action bienfaisante produite sur l'homme et les animaux par le séjour à de hautes altitudes.

Les premières recherches ont été réalisées par M. le professeur Viault dans la cordillère des Andes d'abord, au Pic du Midi ensuite. Le résultat de ces expériences a été si important, qu'un véritable branle a été donné dans le monde des physiologistes et des thérapeutistes, au point qu'un nombre considérable d'expériences ont été faites postérieurement dans le but de vérifier les données fournies par M. Viault.

Les globules du sang des animaux qui sont subitement transportés à des hauteurs différentes se multiplient d'autant plus que l'altitude à laquelle l'animal est porté est plus grande. La tension de l'oxygène dans l'air variant en même temps que l'altitude, il était rationnel d'attribuer aux pressions différentes de ce gaz l'influence modificatrice qui s'exerce sur le sang.

Nous avons cru intéressant de pousser plus loin l'étude de la question en faisant vivre des animaux dans des milieux atmosphériques gazeux artificiels reproduits dans le laboratoire. Les modifications des globules du sang peuvent alors être suivies de très près et la tension de l'oxygène peut être modifiée au gré de l'expérimentateur.

Le plan général de nos recherches se trouve tout naturellement indiqué par les variations qu'il est possible de faire subir à la *pression partielle ou tension d'un gaz dans un mélange.*

La valeur T de la tension du gaz est liée à la pression H du mélange par la formule de Dalton.

$$\frac{T}{H} = \frac{P}{100}$$

$\frac{P}{100}$ étant la proportion centésimale en volumes du gaz dans le mélange.

Cette formule donne :

$$T = H \times \frac{P}{100}$$

Cette tension peut varier selon qu'on modifiera la valeur de $\frac{P}{100}$ ou celle de H.

Par exemple, on peut diminuer la valeur T de deux façons :

1° En diminuant $\frac{P}{100}$, H restant constant.

2° En diminuant H, $\frac{P}{100}$ restant constant.

De même, on peut augmenter cette valeur de deux manières :

1° soit en augmentant $\frac{P}{100}$, H restant constant.

2° soit en augmentant H, $\frac{P}{100}$ restant constant.

On peut aussi conserver T constant en faisant varier à la fois H et $\frac{P}{100}$.

D'où par conséquent cinq séries d'expériences à faire dans les milieux suivants :

1° Milieu pauvre en oxygène, la pression (H) restant constante et égale à la pression atmosphérique.

2° Milieu de faible pression (H diminuant) la proportion centésimale ($\frac{P}{100}$) de l'oxygène dans l'air restant la même (conditions des hauts lieux).

3° Milieu riche en oxygène, la pression (H) restant constante et égale à la pression atmosphérique.

4° Milieu atmosphérique de forte pression (H augmentant), la proportion centésimale $\frac{P}{100}$ de l'oxygène dans l'air restant la même.

5° Milieu dont la tension de l'oxygène garde la valeur qu'elle a dans une atmosphère normale, la proportion centésimale $\frac{P}{100}$ et la pression totale (H) prenant une valeur différente.

Les expériences que nous rapportons dans le présent mémoire ont été faites sur des oiseaux et sur le cobaye. Les premiers de ces animaux sont généralement précieux pour ce genre de recherches.

Leurs globules sanguins étant, en effet, plus gros et moins nombreux que ceux des mammifères, les modifications peuvent en être suivies de plus près et les numérations peuvent en être faites avec plus d'exactitude.

Nous avons aussi, pour des animaux placés dans l'air raréfié, mesuré les combustions respiratoires au début et au bout d'un certain temps de séjour dans ce même milieu.

Malheureusement, pour des raisons indépendantes de notre volonté, nous sommes dans l'obligation de publier nos résultats avant d'avoir pu, par l'expérience, déterminer une foule de points de détails qu'il serait si intéressant d'établir.

Notre travail se compose de trois chapitres. Le premier résume les recherches faites antérieurement.

Dans le deuxième, se trouve exposée la description de nos appareils d'étude et de nos méthodes d'expérimentation.

Le troisième contient les résultats obtenus et les conclusions qu'on peut en déduire.

Qu'il nous soit permis, avant d'aller plus loin, de remercier bien profondément M. le professeur Viault d'avoir mis à notre disposition toutes les notes bibliographiques qu'il possédait et qui nous ont été d'un si grand secours. Nous le remercions aussi des conseils qu'il nous a prodigués, conseils que sa grande expérience, en pareille matière, rendait si précieux.

Les planches et les photographies sont dues au talent artistique de notre excellent ami M. Rivière, préparateur au laboratoire des cliniques de la Faculté de médecine de Bordeaux, qui s'est toujours mis à notre disposition avec une bonne grâce charmante. Nous lui adressons nos plus sincères remercîments.

CHAPITRE PREMIER

HISTORIQUE

Les malaises éprouvés par l'homme et les animaux qui sont subitement transportés à une altitude supérieure à 2,000 mètres au-dessus du niveau de la mer, connus en Europe sous le nom de *mal des montagnes,* de *soroche* ou de *pûna* dans les Andes, et de *bies* dans l'Hymalaya sont restés bien longtemps inexpliqués.

Le docteur Jourdanet, qui avait suivi de très près la marche de l'affection, tenta de fournir l'explication de ces phénomènes. Il établit que ces malaises des hauts plateaux sont dus à la diminution de la quantité d'oxygène contenue dans le sang, et proposa de désigner cet état particulier de l'organisme sous le nom d'anoxyhémie.

Il écrit en effet (1) :

« 1° Nos observations portent sur un pays où la pression barométrique est diminuée de 18 centimètres (à peu près un quart d'atmosphère).

» 2° Les expériences de M. Bert ont prouvé que cette dépression atmosphérique commence à porter atteinte à l'affinité qui unit l'oxygène aux globules, et diminue par conséquent la densité de ce gaz dans le sang.

» 3° Les hommes qui, partis du niveau des mers arrivent rapidement à cette altitude, éprouvent un ensemble d'accidents

---

(1) Influence de la pression de l'air, t. II, p. 11.

qui disparaissent peut-être bientôt, mais qui n'en prouvent pas moins les effets réels de l'influence à laquelle ils ont momentanément cédé.

» 4° Ces accidents sont remarquables par leur originalité et ne peuvent dépendre que de l'unique condition particulière dont on est entouré : la diminution de la pression atmosphérique et la désoxygénation sanguine qui en est la conséquence incontestable.

» 5° Des études physiologiques prouvent que toutes les conséquences de ces premiers phénomènes n'ont pas disparu chez tous les résidents, même dans leur état habituel de santé.

» 6° C'est donc là une cause prédisposante de souffrances d'autre nature et, avant tout, c'est un état physiologique anormal qui peut devenir lui-même maladif.

» 7° C'est ce dernier résultat qui constitue l'anoxyhémie des altitudes.

» Il arrive, du reste, sur le plateau, ce que l'on observe dans toutes les contrées du globe : une cause générale de maladie étant donnée, tout le monde n'y cède pas avec la même facilité et d'une manière toujours identique.

» Les constitutions individuelles donnent, en effet, des aptitudes différentes pour résister à certaines conditions étiologiques déterminées. Il est aisé de prévoir, dans cet ordre d'idées, que la meilleure protection contre la raréfaction atmosphérique ambiante, serait un sang fortement pourvu de globules. C'est là une question de tempérament. Les analyses remarquables de MM. Andral et Gavarret nous ont démontré que les nombres auxquels s'élèvent ces corpuscules suivent les oscillations des complexions individuelles. Ils figurent dans les vaisseaux en proportion d'autant plus considérable que les sujets ont un tempérament sanguin plus marqué. La grande variété que l'on observe partout dans les complexions organiques permet de

comprendre, par conséquent, que la résistance à l'air des altitudes doive se représenter suivant une échelle très compliquée.

» Mais il est déjà très remarquable que dans les contrées élevées où s'est exercée notre longue pratique, les tempéraments sanguins très caractérisés ne s'observent réellement nulle part. Les sujets organisés pour cette exubérance du système circulatoire en perdent toutes les apparences par l'emploi constant de cette force à contrebalancer la pénurie d'air imposée par les climats. Ces tempéraments ainsi transformés sont les privilégiés des altitudes. Au-dessous d'eux on ne voit que des complexions fort ordinaires et des gens habituellement faibles. Avant de rechercher parmi ceux-ci des souffrances pathologiques très caractérisées, disons tout d'abord qu'ils en possèdent à ce point les prédispositions les plus irrécusables, que les moindres causes suffisent à les rendre évidentes.

» Que vienne, en effet, s'ajouter à la raréfaction naturelle de l'air, une circonstance nouvelle qui le rende moins respirable — la chaleur extrêmement sèche du printemps, par exemple — l'appétit s'altère; on a de l'insomnie, du vertige; on est agacé, troublé; la pensée devient difficile, l'exercice musculaire plus pénible; les maladies graves sont plus fréquentes avec un caractère adynamique très tranché. C'est de l'anoxyhémisme généralement latent, qui se fait jour tout à coup par les signes les moins équivoques, à la suite de l'exagération de ces causes les plus habituelles. Ce qui signifie que les hommes qui possèdent ces tempéraments appauvris ne sont pas ordinairement malades, si l'on veut, mais constamment menacés de le devenir sous l'influence du moindre accident ».

Paul Bert (1), cherchant aussi à expliquer par des vues théoriques le problème de l'acclimatation, émet les diverses opinions suivantes :

(1) Pression barométrique.

« On pourrait se demander d'abord si, par une compensation harmonique dont l'histoire naturelle générale nous offre bien des exemples, le sang serait devenu apte, soit par une modification dans la nature ou la quantité de l'hémoglobine, soit par une augmentation du nombre des globules rouges, à absorber plus d'oxygène sous un même volume et à revenir ainsi à la normale habituelle des bords de la mer. Mais il est bien certain que pareil changement, s'il a lieu, ne peut être le fait que de dispositions transmises héréditairement, et ne doit arriver à son complet développement qu'au bout de générations successives, en telle sorte qu'il expliquerait, non l'acclimatement de l'individu, mais celui de la race. Mais, même pour ce dernier, il n'est rien moins que démontré; ajoutons qu'il serait désirable et très facile de faire juger par l'expérience directe l'hypothèse que je mets en avant sans y attacher grande importance ».

Et plus loin :

« Je suis persuadé, dit-il, qu'à la pression normale, nous consommons beaucoup plus d'oxygène dans un temps donné qu'il n'est nécessaire pour entretenir notre température à son degré normal et constant, et pour satisfaire à la dépense de forces exigées pour les actes musculaires et nerveux.....

» ..... Or, il se peut très bien que les habitants des montagnes aient une machine mieux réglée, qui, au lieu de ne leur donner en travail que 18 à 20 pour 100 de la force dégagée, soit d'un rendement plus considérable, et, par suite, n'exige, pour une même dépense dynamique, qu'une absorption moindre d'oxygène et aussi d'aliments ».

Plus tard, Paul Bert vérifia la première de ces hypothèses, celle qui consiste à supposer que l'hémoglobine a augmenté dans le sang des animaux des grandes altitudes, de telle sorte qu'à la grande hauteur où ils vivent, ils pourraient avoir dans

leur sang la même quantité d'oxygène que ceux des régions basses et braveraient ainsi l'anoxyhémie. La richesse en oxygène de la combinaison oxyhémoglobique resterait moindre, mais la quantité d'hémoglobine compenserait le déficit.

C'est grâce aux remarquables travaux de M. le professeur Jolyet (1) que la vérification put être établie. M. Jolyet démontra, en effet, que du sang pourri agité au contact de l'air absorbe exactement la même quantité d'oxygène (*à conditions égales de température et de pression)* que lorsqu'il était frais et vivant. En d'autres termes, l'hémoglobine n'est point atteinte par la putréfaction. Cette démonstration faite, Paul Bert se fit expédier à Paris, par des voyageurs qui visitaient les hauts lieux, une série d'échantillons de sang d'animaux vivant à la Paz (*3,700 mètres d'altitude),* ville où les malaises du soroche atteignent tous les voyageurs.

Ces sangs furent agités au contact de l'air, à la température de 15 degrés, et voici, ramenée à 0 degré et à la pression de $0^{m}76$, la quantité d'oxygène que chacun d'eux put absorber.

Vigogne.	$19^{cc},3$
—	19
Lama mâle	21, 6
Alpaca.	17, 0
Cerf	21, 4
Viscache	16, 2
Mouton	17, 0
Porc.	21, 6

« L'hypothèse, dit Paul Bert (2) est donc vérifiée.

(1) Comptes-rendus de la Société de biologie, 1874.

(2) Comptes-rendus de l'Académie des sciences, 20 mars 1882, t. I.

» Le sang des animaux originaires des hauts lieux, et même celui des animaux acclimatés présentent une capacité d'absorption pour l'oxygène bien supérieure à celle du sang des animaux vivant au niveau de la mer. Les premiers ont donc là, pour fournir aux dépenses régulières de la vie et même aux travaux musculaires qui peuvent leur être imposés, un magasin beaucoup plus riche que celui des animaux nouvellement transportés dans les hautes régions. Il n'est donc pas étonnant qu'ils échappent aux accidents qui frappent ces derniers ».

M. le professeur Viault, le premier, fit sur les hauts plateaux du Pérou, puis au pic du Midi, des expériences rigoureuses qui démontraient d'une façon sûre quel était le processus de ce phénomène d'adaptation de l'organisme aux basses pressions.

La première expérience (1) faite près de la mine de Morococha (Cordillère des Andes) à une altitude de 4,392 mètres (hauteur barométrique = 450 millimètres), démontra une augmentation considérable des globules rouges du sang, c'est-à-dire de l'élément respiratoire oxygénophore.

A Lima, le 4 octobre 1889 (veille du départ de M. Viault pour la Cordillère), son sang contient par millimètre cube :

5,000,000 de globules rouges.

A Morococha, le 19 octobre (depuis quinze jours dans la Cordillère)	7,100,000
Dr Mayorga (*id.*).	7,300,000
Mayorga arrièro (depuis trois ans à la mine). . . .	7,840,000
R. Prieto, garçon de cuisine métis.	6,770,000
Dittmann, Allemand, administrateur de la mine. . .	7,920,000

(1) Comptes-rendus de l'Académie des sciences, 8 décembre 1890.

Atchachay, Indien	7,960,000
Margarita, Indienne	7,080,000
Charpentier, fils de Français, majordome	6,000,000
Rossi, Italien, à la Croya	6,320,000
M. Viault le 27 octobre	8,000,000
Dr Mayorga (*id.*)	7,440,000
Jeune chienne vigoureuse	9,000,000
Coq d'un an, vigoureux	6,000,000
Lama mâle	16,000,000

Ainsi donc un des premiers effets produits par le séjour de l'homme sur les hautes montagnes, écrit M. Viault (1), consiste dans l'exagération de la fonction normale de l'hématopoièse.

Les recherches faites un peu plus tard (2) sur des animaux habitant les environs de la mine de Morococha, démontrèrent que la proportion d'oxygène contenue dans le sang des animaux et de l'homme vivant dans l'air raréfié des hautes montagnes (qu'ils y soient indigènes ou simplement acclimatés) est sensiblement la même que celle qui est contenue dans le sang de l'homme et des animaux de la plaine.

« Dans une note lue à l'Institut et à la Société de biologie en 1882, Paul Bert a fait connaître le résultat d'analyses pratiquées à Paris sur la capacité respiratoire de divers échantillons de sang qui lui furent envoyés de la Paz. Comparant les chiffres obtenus à ceux que fournit l'étude de la capacité respiratoire du sang des herbivores de nos pays, il conclut que le sang des animaux vivant sur les hauteurs possède une capacité respiratoire considérable, pouvant s'élever à 21 volumes

(1) Comptes-rendus de l'Académie des sciences, 2 décembre 1890, t. II.

(2) Comptes-rendus de l'Académie des sciences, 2 février 1891.

d'oxygène pour 100 volumes de sang, tandis que celle de nos herbivores ne serait que de 10 à 12 p. 100. Il y a eu évidemment une cause de variation inexpliquée dans les expériences qui ont amené Paul Bert à ce dernier chiffre, car la capacité respiratoire du sang de nos herbivores n'est pas de 10 à 12, mais de 16 pour le cochon d'Inde, de 16 à 18 pour le mouton (Jolyet, Quinquaud), de 23 pour le bœuf et le cheval (Quinquaud), de 29 même pour l'âne (Quinquaud), etc. En un mot, contrairement à ce qui aurait été avancé, le sang des animaux des hauts plateaux, examiné au point de vue de sa capacité maxima d'absorption pour l'oxygène, ne paraît pas différer notablement du sang de nos animaux des bas niveaux.

» Mais cette notion de la quantité maxima d'oxygène que peut absorber le sang, par une agitation énergique avec de l'air, ne préjuge rien pour la question des gaz existant dans le sang chez l'animal vivant, aux diverses pressions auxquelles cet animal peut être soumis, puisque, lorsqu'on place l'animal dans les cloches à décompression, la proportion d'oxygène, qui est de 18 p. 100 à 21 p. 100 chez le chien à la pression de 760^{mm}, tombe à 12 p. 100 ou 13 p. 100 à la pression de 450^{mm}. Le chien est donc ainsi rendu brusquement *anoxyhémique*. Si on le ramène à la pression normale, l'oxygène revient à son chiffre primitif.

» Voilà ce qu'enseignent les expériences maintes fois répétées dans les cloches de la Sorbonne. Mais l'animal des hauteurs, vivant dans une atmosphère à la pression de 450^{mm} et acclimaté à ce séjour, se comporte-t-il comme l'animal des bas niveaux brusquement et momentanément décomprimé, ainsi que le voudraient à la fois la théorie et les expériences en cloche? Personne n'a encore répondu à cette question par des preuves expérimentales; et la théorie si ingénieuse et si séduisante du vénérable et éminent observateur le docteur Jourda-

net, malgré l'appui que paraissaient lui avoir apporté les recherches de P. Bert, manquait cependant de certitude aux yeux de beaucoup de pathologistes.

» Il n'y avait qu'un moyen de résoudre le problème, c'était de pratiquer, comme je l'ai fait, des analyses des gaz avec le sang pris sur l'animal vivant, aux altitudes mêmes où vit l'animal.

» Voici les chiffres fournis par les expériences, malheureusement peu nombreuses, que j'ai pu faire durant mon séjour dans la Cordillère :

» I. Le 18 octobre, à la mine de Morococha, l'extraction, par la pompe, des gaz contenus dans 15 gr. de sang artériel de mouton, me donne, après réduction des chiffres à 0° et 760^{mm} :

A. Oxygène. . . 13^{cc},16 p. 100.

» II. Même date. Le sang d'un second mouton me donne :

B. Oxygène. . . 13^{cc},30 p. 100.

» La capacité respiratoire maxima de ce second sang, déterminée sur place, à la pompe, était de 17^{cc},05 p. 100.

» III. Le 10 novembre, à Chicla (3,724^{m}; pression = 485^{mm}), l'extraction, par la pompe, des gaz contenus dans 15 gr. de sang pris dans l'artère crurale d'un chien, me fournit, après réduction à 0° et 760^{mm} :

C. Oxygène. . . 18^{cc},26 p. 100.

» Les sangs A et C, recueillis dans des flacons et analysés à Bordeaux dans le laboratoire du professeur Jolyet, possédaient la capacité respiratoire maxima suivante, déterminée par le dosage du fer de l'hémoglobine :

Le sang A, mouton . . . 16 p. 100.
Le sang B, mouton . . . 17 p. 100 (par la pompe).
Le sang C, chien. . . . . 25 p. 100.

L'anoxyhémie, au moins comme état physiologique chronique, n'existait donc pas.

M. Viault dit :

« Ce résultat s'explique sans qu'il soit besoin d'admettre exclusivement, comme on l'avait fait, une augmentation considérable de la capacité respiratoire du sang pour les animaux des altitudes et, par suite, l'existence d'une plus forte proportion d'hémoglobine dans leur sang (augmentation qui existe d'ailleurs, mais dans des limites modérées, comme me l'ont montré les examens colorimétriques du sang que j'ai pratiqués).

» Ce résultat s'explique, dis-je, par le fait de la *division* plus grande de l'hémoglobine, répartie, comme je l'ai montré, en un nombre beaucoup plus considérable de globules, offrant par conséquent une surface plus grande d'oxygénation. On comprend ainsi que le lama, avec une capacité respiratoire maxima équivalant à peine à celle du bœuf ou du cheval, mais avec une richesse globulaire de 16 millions de globules par millimètre cube, soit l'animal par excellence des grandes altitudes ».

Des observations faites en 1892 (1) sur un certain nombre de chiens, lapins, cobayes et poules transportés au Pic du Midi et examinés quinze jours après établirent que le sang de ces animaux contenait un nombre prodigieux de petits globules en voie de formation dont les uns (pour les coqs et la poule) étaient déjà elliptiques avec un noyau bien formé et les autres plus petits encore, arrondis et sans noyau.

Voici les résultats fournis par la numération des globules.

(1) Comptes rendus de l'Académie des sciences, 27 juin 1892.

	A BORDEAUX — Par mm. c.	AU PIC DU MIDI — Par mm. c.
Lapine adulte	4,520,000	6,440,000
Lapine jeune	5,370,000	7,460,000
Cobaye	4,600,000	5,200,000
Coq	2,760,000	3,660,000 } en cage.
Poule	2,800,000	3,760,000 }
Caille	3,490,000	3,740,000
Coq du Pic	»	3,800,000 (libre depuis 6 mois au pic).

Voici, d'autre part, des résultats obtenus sur d'autres mammifères :

	A BORDEAUX — Par mm. c.	AU PIC DU MIDI — Par mm. c.
M. Viault	4,750,000	5,230,000 globulins.
G. (cuisinier)	»	5,100,000 (depuis 4 ans au pic).
P. (domestique)	»	5,000,000 (depuis 6 ans au pic).
Vieux chien	4,590,000	5,860,000 globulins.
Chienne adulte } Pas de différence.		
Jeune chienne }		
Petit chat	»	7,400,000 globulins.
Petite chatte	»	7,360,000 »
Vieux chat	»	6,520,000 »

Les examens de la capacité respiratoire, pratiqués au moyen du colorimètre ou de l'analyse du sang par la pompe à mercure, prouvèrent que l'organisme, loin de subir l'influence passive de la raréfaction de l'oxygène, cherche à lutter et lutte victorieusement contre cette condition défavorable.

Le mal des montagnes, le soroche des Andes, n'était donc que la première phase d'un combat où l'organisme, terrassé d'abord, ne tarderait pas à reprendre le dessus.

C'est, selon l'heureuse expression de M. Viault, la lutte pour l'oxygène.

Müntz (1) transporta en 1883, sur le sommet du Pic du Midi, à 2,877 mètres d'altitude, où la pression barométrique est voisine de 540 millimètres, des lapins pris dans la plaine. Sept ans plus tard, il sacrifia quelques-uns de ces animaux nés au Pic, descendants, après plusieurs générations, des parents qui y avaient été installés. Leur sang analysé contenait une plus grande quantité d'hémoglobine que celui de leurs congénères des régions moins élevées.

Voici les chiffres donnés par Müntz :

	Densité.	Matières fixes. p. 100.	Fer métallique. p. 100.	Oxygène absorbé. p. 100.
Lapins du pic (moy.).	1060	21,88	70,20	17,28
Lap. de la plaine (moy.)	1046,2	15,75	40,3	9,56

Régnard (2). expérimentant dans le laboratoire, plaça sous cloche un cobaye qu'il maintint, à l'aide d'un régulateur spécial, à une dépression barométrique correspondant à celle qu'on éprouve à Santa-Fé de Bogota (3,000 mètres environ).

L'animal est sacrifié au bout d'un mois. Son sang absorbe 21 centimètres cubes p. 100 d'oxygène (le même chiffre que chez les lamas de la Paz). Les cobayes vivant en liberté à côté de lui ont un sang qui n'absorbe que 14 à 17 cent. cubes p. 100.

C'est donc bien, dit Régnard, la vie sous dépression qui est la cause du phénomène.

Le docteur Egger (3), de Bâle, ayant eu connaissance des

(1) Comptes rendus de l'Académie des sciences, 2 février 1891.

(2) Mémoires de la Société de Biologie, 1892.

(3) Voir Section de médecine du congrès annuel de la Société scientifique suisse. Bâle, 6 septembre 1892.

recherches de Viault, fit à Arosa, Grisons (altitude 1,860 mèt.) une série d'expériences du même genre.

La première observation fut faite sur un homme anémique qui montra une augmentation du nombre des globules rouges du sang de 20 p. 100 en 10 jours.

Egger fit ensuite 27 observations sur diverses personnes saines ou malades, fortes ou anémiques; toutes montraient une augmentation du nombre des globules rouges, après un séjour dans les hauts lieux, bien qu'à des degrés différents. L'expérience fut aussi faite sur des animaux dont l'alimentation restait dans la montagne absolument la même que celle des animaux conservés dans la plaine.

Puis, pour être assuré qu'on n'a pas affaire seulement à une distribution inégale des globules dans les différents districts capillaires provoquée par des causes vaso-motrices, le sang devant être examiné fut pris dans les grandes artères. Tous les résultats furent concluants et l'augmentation du nombre des globules fut considérable; 16,6 p. 100 en 15 jours pour les hommes et 17,4 p. 100 en quatre semaines et demie pour les lapins.

Egger fit aussi la mesure de la variation de l'hémoglobine.

Il observa sur les hommes une augmentation de 18,4 p. 100 et de 14,7 p. 100 chez les lapins dans le même temps.

Il importe de signaler dans les constatations d'Egger l'apparition de petites cellules rouges déjà observées par Viault (1) dans les hautes montagnes et par Hayem (2) dans le cas du traitement thérapeutique par le fer.

Kœppe et Wolff (3) constataient à peu près en même temps à

---

(1) *Loc. cit.*

(2) Comptes-rendus de l'Académie des sciences, 1876.

(3) Voir actes du congrès des sciences médicales de Wiesbaden, p. 277.

Reiboldsgrün, Saxe (altitude 700 mètres) sur plusieurs séries de personnes présentant à la plaine (Leipzig) une moyenne de 5,0 mill., une première augmentation numérique (moyenne : 5,97 mill. au premier jour) puis une diminution numérique des globules (au 2e jour) suivie du 3e au 5e jour d'une augmentation durable.

Le docteur Mercier (1) (de Zurich) passa l'hiver 1893-1894 sur la haute montagne avec sa famille, leur genre de vie restant le même, tant au point de vue de la nourriture, qu'à celui de leurs occupations.

Il constatait à Zurich avant le départ en moyenne 5,65 mill. de globules par millimètre cube de sang. Sur sa femme, 4,80 mill.; sur l'aînée de ses enfants, 5,20 mill., sur la cadette, 4,90 mill.

Après trois semaines passées à Arosa (altitude de son châlet 1,800 m.; état barométrique moyen 610 mill.), les chiffres étaient pour Mercier 6,89 mill. (augmentation 1,24 mill.); sur les autres membres de sa famille, il constatait des augmentations de 1,56 mill. à 1,10 mill., cette augmentation étant due à la formation d'un grand nombre de petits globules.

Quelque temps après les premières communications de Mercier, le professeur Miescher (2) (de Bâle) exposait le résultat des observations de ses élèves, faites en même temps à des altitudes peu élevées, mais différentes.

Karcher constatait sur lui-même à Champéry Valais (altitude 1,052) une augmentation des globules rouges de 15,7 p. 100, et sur les sujets examinés une augmentation de 9,3 p. 100 en 20 jours; sur le lapin, 8,3 p. 100 en 21 jours.

---

(1) Voir *Archives de physiologie*, octobre 1894.

(2) V. *Correspondenzblatt, der Schwetz. Aerzt. ges.*, 15 déc. 1873.

A Sernens, Grisons (altitude 995 m.), Suter trouvait une augmentation moyenne de 19,5 p. 100 en quatorze jours (homme) et de 24,7 p. 100 en 16 jours (lapin).

A Langenbrück (Bâle-campagne, altitude 700 m.), Veillon constatait, sur des lapins, une augmentation de 5,4, 6,6 et 7,7 p. 100.

Qu'arrive-t-il si après une adaptation plus ou moins longue on retourne dans les plaines?

Viault dit que l'hyperglobulie et l'augmentation de la capacité respiratoire du sang disparaissent aussi vite qu'elles ont apparu.

Mercier (1) écrit : « De même que l'augmentation numérique sur la haute montagne, la régression en pays de plaine procède tantôt d'une façon continue et lente, tantôt plus brusquement. Il se produit souvent tout d'abord une chute très marquée, puis la diminution progresse plus insensiblement.

» A mesure que la régression numérique s'accentue, le nombre des microcytes diminue; au fur et à mesure que la nouvelle adaptation ou la réadaptation se fait, l'ensemble des erythrocytes est représenté par des globules de plus grand diamètre.

» L'adaptation n'est pas et ne peut pas être stable, pas plus que les phénomènes atmosphériques qui régissent cette adaptation. Il y a autre chose que l'accoutumance, il y a une loi en vertu de laquelle, à mesure que nous nous élevons plus haut, augmente le nombre des erythrocytes et à mesure que nous redescendons d'une région plus élevée dans une région moins élevée, le nombre des hématies diminue ou régresse. Il y a corrélation constante entre le nombre des cellules respiratrices sanguines et la pression atmosphérique ».

---

(1) *Loc. cit.*

CHAPITRE II

APPAREILS D'ÉTUDE ET MÉTHODES D'EXPÉRIMENTATION

PREMIÈRE SÉRIE D'EXPÉRIENCES

MILIEU PAUVRE EN OXYGÈNE, LA PRESSION RESTANT CONSTANTE ET ÉGALE A LA PRESSION ATMOSPHÉRIQUE

L'appareil dont nous nous sommes servi est représenté planche I. Il se compose d'une cloche de verre C en communication avec un sac en caoutchouc O rempli d'oxygène. Cette cloche repose sur un plateau de verre dépoli sur lequel il est possible de la luter. Inférieurement elle contient un cristallisoir K rempli d'une solution de potasse et surmonté d'un grillage sur lequel l'animal en expérience se trouve placé. Le col de la cloche est fermé par un bouchon traversé par deux tubes, l'un simple à robinet r', l'autre à trois branches, muni à la trifurcation d'un robinet à trois voies r permettant de faire communiquer à volonté l'intérieur de la cloche soit avec une petite vessie P adaptée à l'extrémité de l'une des branches, soit avec un sac de caoutchouc O rempli d'oxygène, ceci par un tube sur le trajet duquel se trouve placé un petit barboteur l dont la fonction est de régler l'entrée de l'oxygène dans la cloche au fur et à mesure de sa consommation par l'animal mis en expérience. A mesure qu'il se produit, l'acide CO^2 est absorbé par la solution de potasse. L'absorption de ce gaz tend à produire une diminution de pression utilisée pour faire appel à une quantité d'oxygène qui vient remplacer l'acide carbonique absorbé.

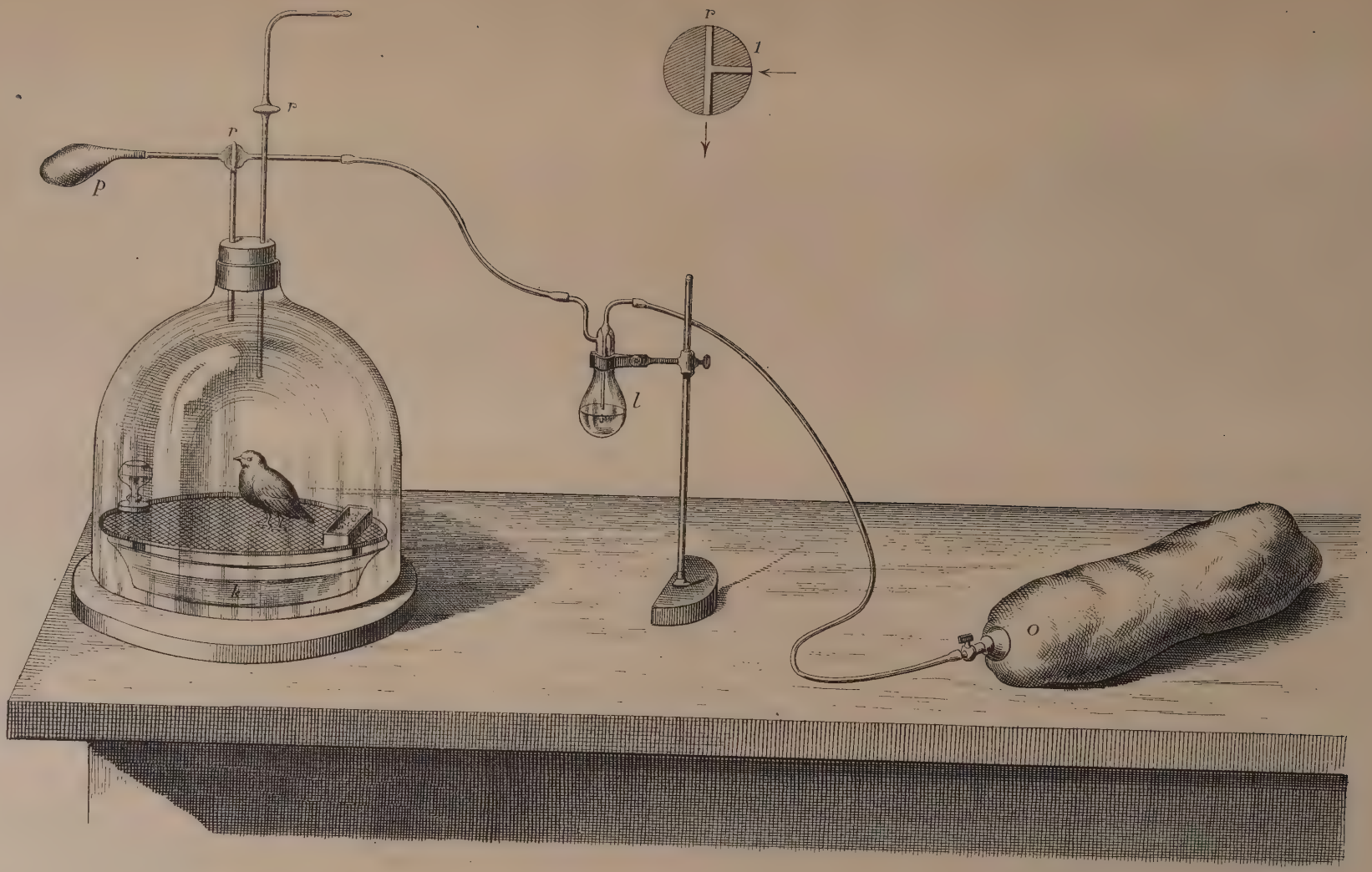


Fig I.

Dans le haut de la pl. I on voit la coupe du robinet à trois voies au moment où il établit la communication entre la cloche et le réservoir d'oxygène.

Manuel opératoire. — La pl. II, fig. 1 représente le dispositif expérimental employé pour constituer le milieu gazeux dans lequel on veut faire vivre l'animal.

La cloche C, par l'intermédiaire d'un robinet R à trois voies, est en rapport à la fois avec une trompe à eau servant à faire le vide et avec un manomètre à mercure. Par l'intermédiaire du robinet *r* elle peut être mise en communication avec un tube contenant de l'azote sous pression.

Pour constituer un milieu contenant 14 p. 100 d'oxygène par exemple, il suffit de faire d'abord le vide dans la cloche jusqu'à ce que la pression soit devenue $\frac{14}{21}$ de 760 = 506, ce qui a lieu lorsque la hauteur du mercure dans le manomètre est devenue 760 — 506 = 254^{mm}. L'oxygène possède alors dans la cloche une tension qui est les $\frac{14}{21}$ des $\frac{21}{100}$ de 760 = $\frac{14}{100}$ de 760. Il est donc à la tension cherchée ; il n'y a plus qu'à laisser rentrer de l'azote de façon à rétablir la pression normale. Pour cela on ouvre le robinet *r*, le robinet R étant placé dans une position qui interrompt la communication avec la trompe tout en conservant celle qui existe avec le manomètre.

DEUXIÈME SÉRIE D'EXPÉRIENCES

ANIMAUX VIVANT DANS UN MILIEU DE FAIBLE PRESSION, LA PROPORTION CENTÉSIMALE DE L'OXYGÈNE DANS L'AIR RESTANT LA MÊME (conditions des hauts lieux).

L'appareil employé est représenté pl. II, fig. 2. Il se compose d'une cloche de verre C dans laquelle on place l'animal. Cette cloche, qui renferme tous les accessoires de la précédente, porte aussi un robinet à trois voies la mettant en communication d'une part avec la trompe à eau et, d'autre part, avec le mano-

mètre. Un tube est enfoncé dans le mercure d'une longueur convenable selon la pression qu'on veut avoir dans l'intérieur de la cloche. Par sa partie supérieure ce tube communique librement avec l'atmosphère ambiante.

Si, par exemple, on veut avoir dans la cloche une pression de 500^{mm} de mercure, la pression normale étant 760, on fera plonger le tube P d'une longueur de 260^{mm}. Avec la trompe à eau on fait le vide jusqu'à la pression de 500^{mm} indiquée par le manomètre. A ce moment, on constate que la moindre diminution de pression dans la cloche suffit pour établir un appel d'air par le tube L.

L'animal est donc ainsi placé dans une atmosphère de composition normale sous la pression constante de 500^{mm}. Ce dispositif très simple permet d'étudier la vie d'un animal sous une dépression barométrique qui peut varier au gré de l'expérimentateur selon la longueur dont le tube L plongera dans le mercure.

TROISIÈME SÉRIE D'EXPÉRIENCES

MILIEU ATMOSPHÉRIQUE RICHE EN OXYGÈNE, LA PRESSION RESTANT NORMALE

L'appareil qui nous a servi pour ces recherches est le même que celui représenté pl. I et déjà décrit.

Pour constituer le milieu gazeux, voici comment nous avons procédé. Supposons, par exemple, qu'on veuille expérimenter dans un milieu à 60 p. 100 d'oxygène. La proportion d'azote dans un pareil milieu ne sera évidemment que de 40 p. 100, c'est-à-dire que sa tension sera les $\frac{40}{79}$ de ce qu'elle est dans l'air atmosphérique ordinaire.

Faisons donc le vide aux $\frac{40}{79}$ de 760, c'est-à-dire à 384^{mm}80 de mercure. Il n'y a plus qu'à introduire de l'oxygène jusqu'à ce qu'on ait rétabli la pression normale.

QUATRIÈME SÉRIE D'EXPÉRIENCES

MILIEU ATMOSPHÉRIQUE DE FORTE PRESSION, LA PROPORTION CENTÉSIMALE RESTANT NORMALE (21 p. 100 d'O, 79 p. 100 d'Az.).

Nous n'avons pas fait de recherches sur ce point. Bientôt, nous l'espérons, nous comblerons cette lacune.

CINQUIÈME SÉRIE D'EXPÉRIENCES

MILIEU ATMOSPHÉRIQUE DONT LA TENSION DE L'OXYGÈNE EST LA MÊME QUE DANS L'AIR, LA PROPORTION CENTÉSIMALE ET LA PRESSION TOTALE AYANT UNE VALEUR DIFFÉRENTE DE LEUR VALEUR NORMALE.

L'appareil employé est représenté pl. II fig. 2 et déjà décrit; mais le tube qui plonge dans le mercure, au lieu de s'ouvrir librement dans l'atmosphère comme dans le cas de la réalisation des conditions atmosphériques des hauts plateaux, est ici en communication avec un sac plein d'oxygène.

Ce gaz pénètre dans l'appareil pour combler le vide produit par l'acide carbonique exhalé par l'animal en expérience et absorbé au fur et à mesure de sa production par une solution de potasse située au fond de la cloche, comme dans les expériences précédentes.

Voici comment nous avons procédé pour réaliser les conditions de milieu dans lesquelles nons avons fait vivre nos animaux.

L'air atmosphérique à la pression normale de 760^{mm} renferme de l'oxygène et de l'azote dont

$$\text{la tension est} \begin{cases} \text{Tension oxygène} = 760 \times 0{,}21 = 159^{mm}6. \\ \text{Tension de l'azote} = 760 \times 0{,}79 = 600^{mm}4. \end{cases}$$

Pour avoir une atmosphère à la pression totale de 500^{mm} et

contenant de l'O à la tension de 159^{mm}6, on fait le vide à 400^{mm} par exemple.

Dans cette atmosphère de composition normale (21 p. 100 d'O et 79 p. 100 d'Az) à la pression de 400^{mm}, l'O a une tension de $400 \times 0{,}21 = 84^{mm}$.

Pour l'avoir à la tension de 159^{mm}6, on introduit de l'O pur jusqu'à ce que la tension totale ait augmenté de :

$159^{mm}6 - 84 = 75^{mm}6$ et soit devenue par conséquent $475^{mm}6$.

Il n'y a plus qu'à introduire de l'azote jusqu'à ce que la tension totale soit devenue 500^{mm}.

APPAREIL POUR LA MESURE DES COMBUSTIONS RESPIRATOIRES

Nous nous sommes servi, pour cette partie de nos recherches, de l'appareil de MM. Jolyet, Bergonié et Sigalas représenté pl. III.

En voici la description :

Il comprend quatre parties, communiquant entre elles et formant un espace clos et rigide : 1° une cloche C dans laquelle le sujet en expérience respire; 2° un système de pipettes oscillantes P, à glycérine; 3° un appareil A, condenseur de CO^2; 4° un réservoir servant à fournir et à mesurer l'oxygène.

Pour en faire comprendre en même temps la composition détaillée et le fonctionnement, supposons en train une expérience de respiration pulmonaire.

Le sujet est muni d'un masque hermétique qui communique par un robinet à trois voies avec une des tubulures de la cloche. A une tubulure opposée est adapté un sac en caoutchouc de un litre de capacité. — L'individu respire d'abord au dehors. Lorsque l'expérience doit commencer, on tourne convenablement la clef du robinet à trois voies, juste à la fin d'une inspi-

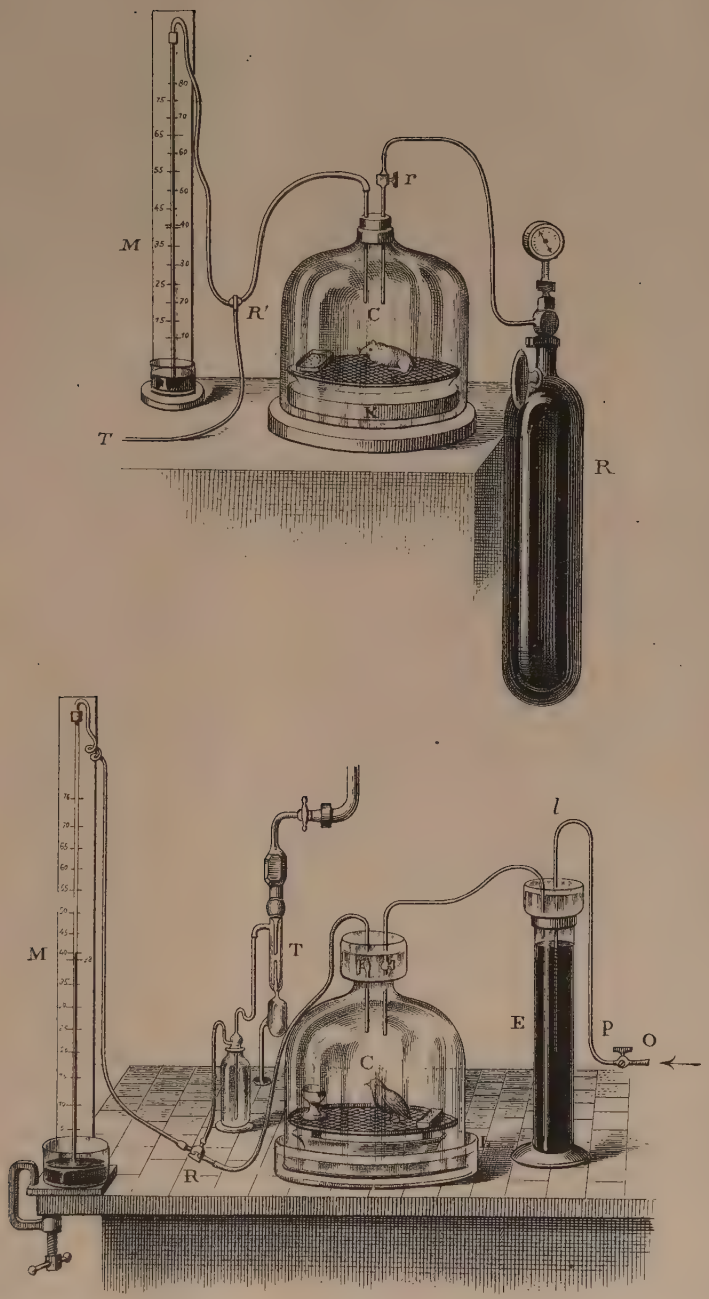


Fig II.

ration. La première expiration dans la cloche est recueillie par le sac de caoutchouc et, par ce moyen, le sujet situé au dehors de la cloche se comporte comme s'il y était inclus, c'est-à-dire sans y produire de modifications de pression autres que celles qui résulteront de la consommation graduelle de l'oxygène.

L'air vicié de la cloche est entraîné par le mouvement des pipettes à glycérine (qui n'absorbe pas CO^2) dont le rôle unique est ici de le faire passer, à chaque mouvement de va et vient, à travers l'appareil condenseur de l'acide carbonique.

Celui-ci se compose de deux flacons intercalés sur les tubes de communication des pipettes à la cloche; ils renferment une dissolution titrée de potasse qui est violemment agitée et pulvérisée au moyen d'un mouvement rapide et saccadé, communiqué par une bielle articulée au volant du moteur qui met les pipettes en mouvement.

L'avantage de cette séparation des deux systèmes, pipettes et condenseurs, qui sont réunis dans l'appareil de Regnault et Reiset, est :

1° De pouvoir donner aux pipettes des dimensions assez grandes pour opérer une bonne circulation d'air, tout en permettant de restreindre au nécessaire les quantités de dissolution de potasse employées;

2° Par le fait de la pulvérisation de la potasse, de dépouiller « instantanément l'air qui traverse les condenseurs de tout son acide carbonique.

» L'absorption de CO^2 tend à produire une diminution de pression utilisée pour faire un appel d'oxygène qui vient remplacer l'acide carbonique absorbé. Cet oxygène passe à travers un compteur enregistreur qui inscrit à mesure les quantités absorbées.

» On peut donner au taux de l'acide carbonique dans l'air de l'appareil toutes les valeurs possibles en faisant varier le

volume des pipettes et le nombre de leurs mouvements. En effet, en désignant par q la quantité de CO^2 contenue dans l'unité de volume de l'air de l'appareil, par V le volume des pipettes, par R la quantité de CO^2 exhalé à chaque mouvement respiratoire dont le nombre est n pendant la montée d'une des pipettes, on a :

$$Vq = nR,$$

d'où :

$$q = \frac{nR}{V}.$$

» On peut ainsi connaître très simplement *a priori*, le volume des pipettes étant donné, quel doit être le volume de la cloche (variable à volonté), pour obtenir un taux choisi d'acide carbonique.

» Cette élasticité de l'appareil nous permettra d'étudier la manière dont varient les échanges gazeux respiratoires lorsqu'on fait varier le taux de CO^2 dans l'air inspiré, étude dont l'importance est facile à apercevoir. Elle nous permettra, de plus, de limiter la masse d'air servant à la respiration, de telle sorte qu'une quantité d'azote exhalée ou absorbée, fût-elle très petite, fasse varier notablement le taux de ce gaz.

» On empêche l'état hygrométrique de l'air respiré de s'élever au-dessus d'une certaine valeur en disposant dans l'appareil un bain d'acide sulfurique. L'air expiré vient lécher la surface du bain et s'y débarrasser des matières organiques qu'il contient » (1).

Les animaux dont on veut mesurer les combustions respiratoires sont placés directement dans la cloche, plus ou moins grande selon la taille de l'aninal. Il est indispensable, pour les animaux de petite taille, que la cloche soit de faible dimension

(1) Voir Sigalas, *Recherches de calorimétrie animale*, 1890.

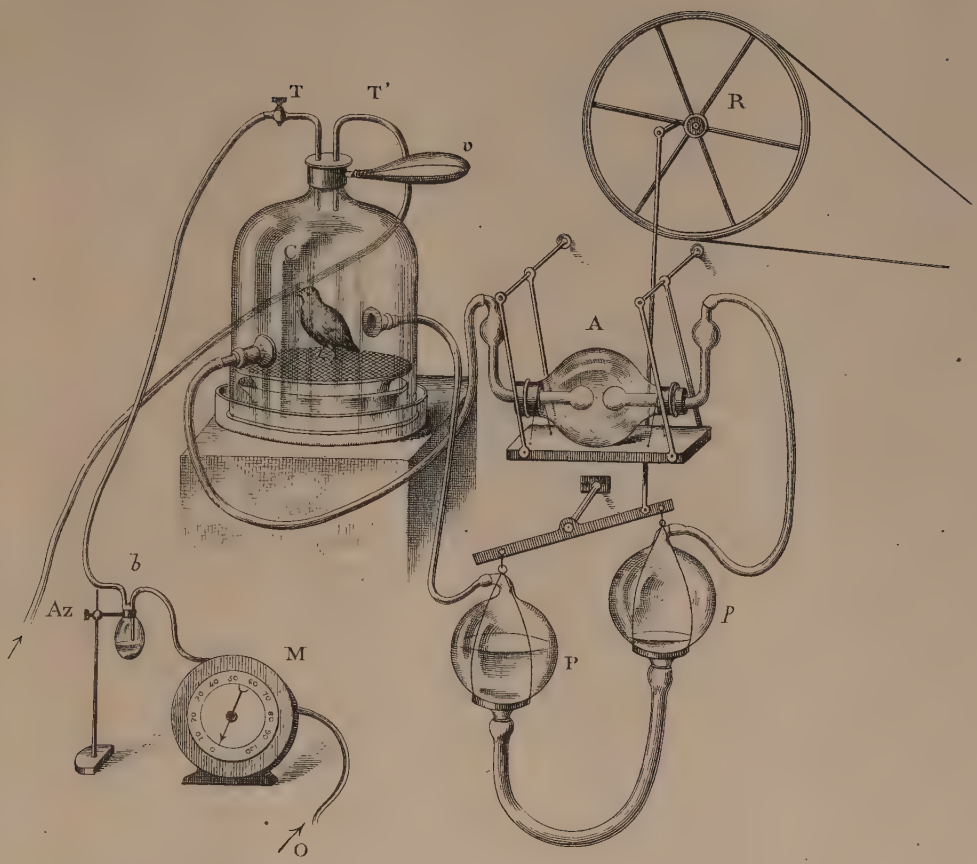


Fig III.

afin que la ventilation soit la meilleure possible et que l'acide carbonique soit absorbé dans sa presque totalité. Lorsqu'on veut mesurer les combustions respiratoires d'un animal vivant dans un milieu pauvre en oxygène, on fait le vide jusqu'à une pression déterminée et on rétablit la pression normale en faisant entrer de l'azote. Le calcul donne la proportion centésimale d'oxygène. On doit, du reste, vérifier les résultats par l'analyse. Avec cet appareil on peut donc mesurer exactement l'oxygène consommé par l'animal soumis à l'expérience. Les titrages de la potasse avant et après l'expérience permettent de connaître la quantité d'acide carbonique exhalée.

L'oxygène employé dans ces mesures a été préparé en chauffant le chlorate de potasse avec le quart de son poids d'oxyde de cuivre. Ce procédé permet d'obtenir de l'oxygène à basse température en évitant la formation du perchlorate de potasse. Il est préférable au bioxyde de manganèse qui renferme de nombreuses impuretés, notamment des carbonates et des azotates. Le gaz est lavé à la potasse, puis à l'hyposulfite de soude. Avec ce procédé, nous avons obtenu de l'oxygène à 98 p. 100. Nous nous sommes servi des réactifs absorbants (potasse et pyrogallate de potasse) pour analyser les gaz des cloches dans lesquelles nous avions placé nos animaux. Des prises de gaz, faites à divers moments, nous ont toujours permis de suivre avec soin la composition du milieu gazeux.

La numération des globules du sang a été faite avec le compte globules de Hayem et Nachet, appareil bien connu dont nous croyons inutile de rappeler la description.

CHAPITRE III

EXPÉRIENCES FAITES SUR DES OISEAUX ET SUR LE COBAYE AU POINT DE VUE DE L'INFLUENCE DE LA TENSION DE L'OXYGÈNE SUR L'HÉMATOPOIÈSE ET SUR LES COMBUSTIONS RESPIRATOIRES

Première série d'expériences.

Milieu pauvre en oxygène, la pression restant constante et égale à la pression atmosphérique.

Expérience I

Le 7 septembre, nous plaçons sous cloche une caille (appareil représenté pl. I), à la pression normale et dans un milieu renfermant 14 p. 100 d'oxygène.

Nombre de globules par mill. c. au début de l'expérience : 2,500,000.

Capacité respiratoire (mesurée au colorimètre Jolyet). . . . 17.

Le 5 octobre nous examinons le sang de cet animal.

Ce sang contient par mill. c. . . . . 3,400,000 globules.

La capacité respiratoire est . . . . . 20.

Presque tous les éléments du sang sont de forme spéciale et diffèrent par leurs dimensions et leur aspect, des globules normaux.

Nous comptons, pour les 16 carrés du micromètre, une moyenne de 10 gros globules, soit. . . . . 310,000 par mill. c.

Tous les autres éléments sont des globulins, leur nombre est égal à la différence, soit . . . . . 3,090,000.

Expérience II

Le 4 octobre, nous plaçons une caille dans un appareil semblable à celui de l'expérience précédente, à la pression normale et dans un milieu renfermant 14 p. 100 d'oxygène.

Nombre de globules par mill. c. au début de l'expérience : 2,100,000.

Capacité respiratoire . . . . . 17,5.

L'examen du sang, pratiqué le 8 octobre, donne les résultats suivants :

Nombre de globules par mill. c. (globules et globulins) : 2,450,000.

Capacité respiratoire . . . . . un peu augmentée.

Expérience III

Le 14 novembre, une caille est placée dans un appareil identique et dans les mêmes conditions.

(Pression normale et 14 p. 100 d'oxygène).

Nombre de globules par mill. c. au début de l'expérience : 2,350,000

Le 22 novembre, on constate la présence de très nombreux globulins qui n'existaient pas au début.

Globules et globulins 2,980,000

soit une augmentation totale de. 630,000

Expérience IV

Le 11 novembre, un cobaye est placé sous cloche, à la pression normale et dans un milieu contenant 14 p. 100 d'oxygène (même appareil).

Nombre de globules par mill. c. au début de l'expérience. . . 5,650,000

L'examen du sang, pratiqué le 20 novembre, fournit, au point de vue du nombre des globules, les chiffres suivants :

Nombre des globules par mill. c. 5,880,000

Dans ce nombre, une moyenne de 8 globulins pour les 16 carrés du micromètre, soit 248,000

L'augmentation totale est donc de. . . . . 770,000 par mill. cube.

Deuxième série d'expériences.

Milieu de faible pression, la proportion centésimale de l'oxygène dans l'air restant la même (conditions des hauts lieux).

Avant de parler des expériences que nous avons faites sur ce point, nous sommes heureux de publier le résultat d'une expérience inédite dont nous devons la communication à la gracieuseté de M. le professeur Viault, expérience qui fut faite par MM. les professeurs Viault et Jolyet dans le laboratoire de médecine expérimentale de la Faculté de médecine de Bordeaux.

En 1890, à son retour d'Amérique, M. Viault institua, avec le concours de M. le professeur Jolyet, cette expérience qui ne laisse aucun doute sur le rôle propre et exclusif de la raréfaction de l'air dans l'augmentation du nombre des globules du sang.

Ayant placé une caille dans une cloche où l'on entretenait, au moyen d'une trompe à eau, la pression à 53 centimètres de mercure, pression correspondant à celle du sommet du pic du Midi, ils constatèrent que la caille put vivre pendant 8 jours sans aucun trouble apparent dans cette cloche (où un dispositif très simple lui assurait une provision suffisante d'aliments et dont l'atmosphère était purgé de l'acide carbonique exhalé). Or, chez cette caille la numération fournit les chiffres suivants :

Avant la mise en cloche. Nombre des globules	3,450,000
Après huit jours dans la cloche.	3,650,000

soit une augmentation, de 200,000 globules par millim. cube, avec de nombreux globulins.

La capacité respiratoire évaluée au moyen du calorimètre de Jolyet, a passé de 15 à 16.

Or, sur cette même caille transportée deux mois après à l'observatoire du pic du Midi, où elle séjournait dix jours, les modifications étant les mêmes que celles observées dans l'air raréfié de la cloche, les globules passaient de 3,490,000 à 3,740,000, la capacité respiratoire de 15,75 à 16,80.

En 1892, à la suite de la communication de l'expérience de M. Régnard sur le cobaye, MM. Viault et Jolyet établirent un programme d'expériences qui ne purent pas être réalisées mais dont une reçut cependant un commencement d'exécution. Nous la citons, parce qu'elle est la première tentative pour étudier séparément l'action mécanique de la pression atmosphérique, et l'action isolée de la raréfaction de l'oxygène.

Une caille fut placée, le 26 juillet, dans une cloche contenant à la pression normale une atmosphère artificielle renfermant 13 p. 100 seulement d'oxygène. Au bout de 48 heures le sang de la caille, qui ne contenait auparavant, par champ du microscope, que 4 globulins en moyenne, en contenait environ 4 fois plus.

Expérience V

Le 27 décembre, 10 heures du matin, une caille est placée sous cloche à une pression de 410^{mm} correspondant à une altitude de 4,800 mètres (appareil pl. II, fig. 2).

Nombre des globules au début de l'expérience. . . . . 2,821,000.

(3 globulins pour les 16 carrés du micromètre en moyenne).

L'animal, à 2 heures de l'après-midi (27 décembre), respire avec difficulté.

Les inspirations sont amples et fréquentes.

Il a les plumes hérissées et paraît très mal à l'aise.

Le 31 décembre, à 6 heures du soir, l'animal paraît être aussi bien que s'il était dans le milieu normal. Nous examinons son sang. Nombre des globules par mill. cube . . . . . 3,400,000.

Sur ce nombre, une moyenne de 19 globulins pour les 16 carrés du micro-

mètre, soit. . . . . 589,000.
par mill. cube.

Expérience VI

Le 18 décembre, une caille est placée dans la cloche de l'appareil représenté pl. II, fig. 2. La pression dans cette cloche est maintenue à 450^{mm} de mercure.

Nombre des globules au début de l'expérience. . . . . 2,620,000.

(Voir planche IV, fig. 1, la photographie microscopique d'une goutte de sang de cet animal au début de l'expérience.)

Le 27, à 8 heures du soir, l'animal possède un nombre de globules et de globulins dont le nombre total est égal à . . . . . 3,100,000.

19 globulins en moyenne pour les 16 carrés du micromètre, soit 589,000.

C'est la préparation photographiée d'une goutte de sang du même animal faite à ce moment qui est représentée planche IV, fig. 2.

L'animal est laissé en liberté le 27 au soir.

Le 1er janvier, il n'y a plus dans le sang qu'un nombre bien moins considérable de globulins, 4 et 5 pour les 16 carrés du micromètre (voir planche IV, fig. 3).

Expérience VII

Le 28 septembre, une caille est placée dans la cloche représentée pl. I et dans un milieu renfermant 40 p. 100 d'oxygène.

La numération des globules, au début de l'expérience, par mill. cube, donne . . . . . 2,200,000.

Le 17 octobre, l'examen ne décèle rien de particulier.

Nombre des globules . . . . . 2,225,000.

Pas de globulins.

Expérience VIII

Le 11 novembre, une caille est placée dans la cloche de l'appareil représenté pl. I, dans un milieu gazeux artificiel à la pression normale et contenant 60 p. 100 d'oxygène.

Nombres de globules au début de l'expérience. . . . . 2,420,000.

Le 17, on pratique un nouvel examen. Le nombre des globules est, par mill. cube, de . . . . . 2,370,000.

Pas de globulins.

Expérience IX

Le 11 novembre un cobaye est placé dans un milieu atmosphérique contenant 60 p. 100 d'oxygène (pression normale), appareil pl. I.

Nombre des globules au début de l'expérience. . . . . 5,640,000.

Le 22 novembre, le nombre de globules est de. . . . . 5,540,000.

Pas de globulins.

Quatrième série d'expériences.

Milieu atmosphérique de forte pression, la portion centésimale de l'oxygène dans l'air restant la même.

Nous n'avons pas encore fait d'expériences sur ce point.

Cinquième série d'expériences.

Milieu dont la tension de l'oxygène garde la valeur qu'elle a dans une atmosphère normale, la portion centésimale et la pression totale prenant une valeur différente.

Expérience X

Le 10 novembre, une caille est placée sous cloche (pl. II, fig. 2) à la pression de 500^{mm} de mercure, la tension de l'oxygène étant la même que celle du milieu extérieur à la pression de 760^{mm} de mercure.

Le sang de cet animal, examiné le 20 du même mois, ne montre aucune particularité tant au point de vue du nombre des globules qu'au point de vue de leur forme.

Nombre des globules avant l'expérience . . . . . 2,750,000.

Après l'expérience. . . . . 2,770,000.

Pas de globulins.

La petite augmentation de nombre constatée est dans la limite de l'erreur possible.

Dans les expériences précédentes, nous avons changé chaque jour l'animal de cloche afin de pouvoir lui donner de la nourriture et renouveler complètement le milieu atmosphérique.

L'analyse des gaz de la cloche faite à divers moments de la journée nous a toujours permis de constater quelle était la composition de ce milieu.

Dans les expériences I, II, III, IV, VII, VIII, on trouve dans les cloches, 12 ou 15 heures après le début d'une expérience, la quantité d'oxygène diminuée de 1 à 1,5 p. 100. On constate aussi que l'acide carbonique exhalé n'est pas absorbé en totalité.

On voit donc, d'après les résultats des expériences précédentes, que dans le cas seulement où la tension de l'oxygène est diminuée il se produit dans le sang des modifications caractérisées par la formation d'éléments nouveaux.

L'expérience VI prouve que l'hyperglobulie disparaît à peu près dans le même temps qu'elle a mis à se produire.

Les expériences VII, VIII, IX prouvent que l'oxygène à forte tension n'a aucune influence sur le globule du sang.

Mesure des combustions respiratoires.

On connaît certaines expériences de P. Bert, établissant que les animaux qui vivent momentanément sous dépression ont dans leur sang une quantité d'oxygène moindre que celle qu'ils avaient lorsqu'ils étaient placés dans le milieu ordinaire.

Nous avons cru intéressant de chercher si, après un séjour plus long, l'animal ne s'adaptait pas à ces nouvelles conditions, et n'arrivait pas à consommer dans ce milieu raréfié

une quantité d'oxygène égale à celle qu'il absorbait précédemment dans l'atmosphère normale.

Dans ce but nous avons fait une série d'expériences dont voici le résultat (1).

Expérience du 5 décembre.

On mesure l'oxygène consommé dans le milieu ordinaire par une poule.

Poids de l'animal . . . . . 500 gr.

Nombre de globules par millim. cube . . . . . 2,580,000.

Pas de globulins au début de l'expérience.

Oxygène consommé par heure et par kilog. d'animal. . . . . 1 litre 35.

L'animal est ensuite placé dans un milieu atmosphérique contenant 12 à 14 p. 100 d'oxygène (pression normale).

Expérience du 6 décembre (1re expérience).

On mesure l'oxygène consommé par le même animal qui a vécu dans ce milieu depuis la veille. Toujours placé dans les mêmes conditions, l'animal consomme par heure et par kilogr. d'animal. . . . . 0 lit. 80.

Expérience du 6 décembre (2e expérience).

L'animal, sorti momentanément du milieu à 14 p. 100 d'oxygène, est placé dans le milieu ordinaire.

La quantité d'oxygène consommée dans ces nouvelles conditions est égale à 1 lit. 28 par heure et par kilogr. d'animal.

La numération des globules du sang pratiquée le 6 décembre, après 12 heures de séjour dans le milieu pauvre en oxygène, fait constater la présence de 4 à 5 globulins (pour les 16 carrés du micromètre) qui n'existaient pas au début de l'expérience.

---

(1) Nous n'avons mesuré que l'oxygène consommé. On sait, en effet, que l'oxygène absorbé par un animal peut être considéré comme donnant la mesure de la totalité des combustions organiques.

L'animal est replacé dans le milieu à 14 p. 100 d'oxygène.

Le 8 décembre, une numération faite avant l'expérience indique la présence de 8 globulins pour les 16 carrés du micromètre, soit . . 248,000 par millim. cube.

Expérience du 8 décembre.

On mesure l'oxygène consommé par ce même animal dans un milieu à 14 p. 100 d'oxygène.

La quantité d'oxygène consommée par kilogr. d'animal et par heure est égale à 0 lit. 94.

Expérience du 11 décembre.

On mesure l'oxygène consommé par l'animal qui est resté depuis le début placé toujours dans les mêmes conditions.

La quantité d'oxygène consommée par heure et par kilogr. d'animal est égale à 1 lit. 08.

Le nombre total des globules et des globulins est de. . . . 2,900,000
sur ce nombre . . . . . 341,000 globulins.

Le poids de l'animal n'a pas varié pendant toute la durée de ces expériences.

Cette série d'expériences prouve donc que l'animal s'adapte au milieu pauvre en oxygène et que cette adaptation semble être produite par l'augmentation du nombre des globules du sang.

Expérience du 2 janvier (1re expérience).

L'expérience porte sur un cobaye.

Poids de l'animal : 585 grammes.

Nombre des globules par mill. c. 4,805,000

On mesure l'oxygène consommé par l'animal placé dans le milieu atmosphérique normal (voir fig. 4).

La quantité d'oxygène dépensé est de 1 lit. 23 par heure et par kilogr. d'animal.

L'expérience a duré 2 heures.

L'analyse de l'air de la cloche à la fin de l'expérience, donne :

Gaz.	14,5
Après potasse.	14,4
Après pyrogallate de potasse.	11,5

D'où

$CO^2 = 0{,}69$ p. 100

$O = 20{,}69$ p. 100

On fait le vide dans l'appareil immédiatement après la prise de gaz pour se rendre compte s'il est resté clos durant toute l'expérience. On constate, par exemple, au manomètre, que le vide correspondant à la hauteur d'une colonne de mercure de 0^m30 se maintient dans la cloche.

On a fait une manœuvre semblable au début de l'expérience, puis on a laissé pénétrer l'air dans la cloche, pour que le milieu dans lequel l'animal respire soit à la même pression que le milieu extérieur.

Cette façon d'opérer a deux avantages :

1° Elle permet de s'assurer que l'appareil est clos et reste clos pendant toute la durée de l'expérience;

2° Elle permet de commencer l'expérience à un moment précis.

Expérience du 2 janvier (2me expérience).

L'expérience porte sur le même animal qui est placé à la pression normale dans un milieu pauvre en oxygène (10 p. 100).

La quantité d'oxygène dépensée est de 0 lit. 74 par heure et par kilogr. d'animal.

L'expérience a duré 2 heures.

L'analyse de l'air de la cloche à la fin de l'expérience, donne:

Gaz 15,9
Après potasse 15,8
Après pyrogallate de potasse. . 14,3

D'où

CO^2 = 0,62 p. 100
O = 10,06 p. 100

Le milieu pauvre en oxygène est réalisé de la façon suivante : Au moyen de la trompe à eau, on fait le vide dans la cloche jusqu'à un degré déterminé, mesuré au manomètre et correspondant à une altitude donnée.

On remplace ensuite l'air de l'appareil par de l'azote, jusqu'à ce que l'atmosphère de la cloche se soit mis en équilibre de pression avec le milieu extérieur.

Ce procédé a plusieurs avantages.

1° Le mélange gazeux de l'appareil peut toujours être exactement fait de la même façon;

2° Ce mélange est très rapide, d'où détermination plus précise du début de l'expérience.

Expérience du 4 janvier.

L'expérience porte sur le même cobaye placé dans un milieu normal.

Poids de l'animal, 420 gr.

Nombre de globules par mill. cube 4,990,000
(dont 186,000 globulins).

L'animal consomme, par heure et par kilogr. d'animal, 1 litre 20 centil.

L'analyse de l'air de la cloche à la fin de l'expérience donne :

Gaz. 15,4
Après potasse 15,3
Après pyrogallate de potasse . 12,2

d'où :

CO^2 = 0,64 p. 100.
O = 20,77 p. 100.

Expérience du 5 janvier.

L'expérience porte sur le même cobaye qui est placé dans un milieu pauvre en oxygène : 10p. 100 (voir pl. III).

Poids de l'animal, 420 gr.

La numération des globules n'a pas été faite.

L'animal consomme, par kilogr. d'animal et par heure, 0 litre 96.

L'analyse des gaz de la cloche à la fin de l'expérience donne :

Gaz.	14,5
Après potasse	14,4
Après pyrogallate de potasse .	13

d'où :

CO^2 = 0,69 p. 100.

O = 19,34 p. 100.

Dans l'intervalle de ces mesures, l'animal est maintenu dans une cloche dont l'air se renouvelle d'une façon continue et à une pression barométrique correspondant à celle qui existe au sommet du Mont-Blanc.

Malheureusement, pressé par le temps, il ne nous a pas été possible de pousser plus loin ces intéressantes expériences. Nous comptons les reprendre plus tard afin de compléter les résultats obtenus. Un point important se dégage néanmoins des diverses mesures que nous avons pratiquées sur ce dernier animal.

L'oxygène consommé le premier jour (2 janvier, 10 heures du matin), dans le milieu à 10 p. 100 d'oxygène, est de 0 lit. 74 par heure et par kilogr. d'animal.

Le même animal consomme, dans le même milieu et dans le même temps, le 5 janvier à 5 heures du soir, 0 litre 96.

Il y a bien là la preuve d'une adaptation organique, les glo-

bulins qui apparaissent dans le sang se formant très probablement dans le but unique d'augmenter les combustions.

Dans tous les cas, maintenant que nos expériences ont dit tout ce qu'elles pouvaient dire, cherchons à tirer de leurs résultats les déductions que le raisonnement basé sur des faits nous permet d'établir.

Et d'abord, nous devons nous demander ce que sont les éléments de nouvelle formation que nous avons désignés sous le nom de globulins.

Sont-ce de jeunes globules en voie de formation, et à ce titre servent-ils à fixer l'oxygène?

C'est incontestable. Il arrive un moment en effet où les globules normaux ont presque complètement disparu. Il n'y a plus alors dans le sang qu'un nombre très considérable de globulins. Si on examine ces éléments attentivement, on constate qu'ils ont à peu près tous les mêmes dimensions. Chez les oiseaux, où ils sont plus faciles à étudier, ils se présentent sous la forme de noyaux circulaires entourés d'une auréole protoplasmique très réfringente, quelquefois très difficile à constater mais qu'on arrive cependant presque toujours à voir.

Sous l'influence de réactifs colorants (violet de méthyle, bleu de méthylène) ces globulins se colorent comme des noyaux, l'auréole protoplasmique étant à peine colorée.

Quel est le processus de leur formation?

Proviennent-ils des globules blancs?

Sont-ils fabriqués de toutes pièces par des organes spéciaux situés dans la moelle, la rate, le foie, etc.?

Ou bien au contraire ne sont-ils qu'une métamorphose des globules rouges préexistants?

Dans l'état actuel de la science, il n'est pas possible de répondre à cette question par des faits indiscutables. Cependant nous croyons utile de présenter quelques observations.

D'une part, nous avons toujours constaté la disparition des gros globules en même temps que les petits se formaient. Lorsque l'animal séjourne suffisamment longtemps dans l'air raréfié il n'y a même plus de gros globules dans le sang, les globulins seuls y existent.

Pourquoi cette prompte disparition des éléments ordinaires? Deviennent-ils subitement inutiles?

D'autre part, pourquoi le globule, qui est une cellule complète, celui de l'oiseau surtout, se reproduirait-il différemment de la cellule ordinaire?

Si on rapproche ces idées qui n'ont d'autre valeur que celle d'hypothèses, des constatations que nous avons faites, il nous paraît nécessaire d'instituer des recherches dans le but de trouver la solution de ces questions.

Remarquons dès maintenant que chez les oiseaux, au moment où la production des globulins est dans toute son activité, c'est-à-dire vers le septième jour, nous avons constaté, sur un très grand nombre de globules normaux, une tendance à l'étranglement dans le sens du petit axe de l'ellipsoïde, étranglement qui intéresse aussi le noyau du globule.

Serait-ce là le début d'une cariokinèse?

Nous ne sommes pas en mesure de le décider n'ayant pas eu le temps de poursuivre cette étude dans toute son intimité. Cependant si on remarque le nombre considérable de globulins circulaires qui existent dans le sang, globulins qui sont presque tous de même dimension, il semble qu'il n'y ait qu'un pas à franchir, qu'une seule observation à faire pour arriver à établir que ces éléments ne sont autre chose que le résultat d'une bipartition globulaire.

Et maintenant, on a vu d'une façon précise que ces globulins disparaissent à peu près dans le même temps qu'ils ont mis à se former. Les divers auteurs qui se sont occupés de cette ques-

tion, et qui ont constaté ce phénomène sur la montagne concluent qu'il n'y a pas de conséquences thérapeutiques à attendre de cette hyperglobulie passagère.

Nous ne croyons pas qu'on soit en droit de tirer de pareilles conclusions. Les très nombreuses expériences qui ont été faites ont été pratiquées en grande partie soit sur l'homme sain, soit sur des animaux également sains. On ne doit pas être surpris, à notre avis, qu'un animal bien portant, placé dans un milieu à 14 p. 100 d'oxygène, par exemple, et ayant acquis dans ce milieu un nombre considérable de globules afin de pouvoir toujours fixer la même quantité d'oxygène, perde, lorsqu'il revient aux conditions premières, l'excédant acquis dans l'air raréfié.

C'est le contraire qui serait surprenant.

La disparition des globules qui constituent l'excédent numérique acquis sous l'influence du milieu à faible tension d'oxygène, lorsque l'animal revient dans les conditions ordinaires, est un phénomène normal. Nous insistons sur ce point, parce qu'il nous semble qu'on ne l'a pas jusqu'ici suffisamment précisé.

Est-on cependant bien en droit de conclure que l'influence du séjour des animaux dans des milieux atmosphériques raréfiés est impuissante à produire un effet thérapeutique bienfaisant?

Nous ne le pensons pas. Tout le monde connaît l'action salutaire produite sur les anémiques, chlorotiques, phtisiques, etc., par le séjour dans la montagne. Il est vrai que dans les hauts lieux, indépendamment de l'action de l'air raréfié, il y a aussi celle de la pureté du milieu atmosphérique, de la température, de l'état hygrométrique et toutes les autres conditions qui semblent concourir vers le même but. Mais ne faut il pas plutôt maintenant attribuer cette action favorable à l'influence prépondérante de la faible tension de l'oxygène modifiant la

constitution du sang, si profondément troublée dans ces maladies?

Ce qui est certain, c'est que ces malades retirent de l'influence des hautes altitudes un bénéfice incontestable, tandis que nos expériences démontrent de la façon la plus évidente que la faible tension de l'oxygène du milieu dans lequel l'animal séjourne est suffisante à produire l'augmentation du nombre des hématies.

Les ressources de la nature sont seules mises en jeu lorsque l'animal est placé dans de telles conditions. Il y a un véritable coup de fouet donné à l'organisme qui doit lutter pour maintenir l'activité de ses combustions et qui, au bout d'un certain temps, revenant dans le milieu normal, ne perd pas forcément les globules qui lui sont utiles, et ne constituent nullement un superflu, comme il arrive dans le cas de l'homme sain soumis aux mêmes variations de milieux.

Ces réflexions paraissent naturelles si l'on veut bien considérer ce qui se produit dans le cas du traitement de certaines maladies par les médicaments thermiques. Certains de ces médicaments, en effet, n'ont aucune influence sur la température normale de l'homme sain, alors qu'ils produisent un abaissement notable de la température chez les malades en hyperthermie.

Par comparaison, il est permis de supposer qu'un séjour temporaire dans un milieu contenant de l'oxygène à faible tension ne changera que momentanément l'état de l'homme bien portant, tandis qu'il pourra apporter chez le malade une amélioration définitive. Cette influence étant surtout due à la faible tension de l'oxygène, rien ne s'oppose à la réalisation de ces conditions dans un lieu quelconque. Pour cela, on construirait des chambres closes dans lesquelles on placerait les malades. La tension de l'oxygène dans l'air de ces chambres serait réglée au gré du médecin. Il serait possible d'établir dans ces appa-

reils une ventilation suffisante qui permettrait un renouvellement d'air constant, tout en conservant la même composition atmosphérique. Les malades trop affaiblis seraient successivement placés dans des milieux variant peu au point de vue de la teneur en oxygène. On pourrait ainsi, successivement et insensiblement, les amener à vivre dans des milieux correspondant à une altitude élevée. Du reste, à ce traitement gazeux dont l'innocuité est absolue, rien n'empêcherait de joindre un traitement thérapeutique nutritif.

RÉSUMÉ GÉNÉRAL ET CONCLUSIONS

Nos expériences démontrent les faits suivants :

1° Il est possible de reproduire artificiellement les conditions qui produisent l'hyperglobulie des hautes altitudes;

2° Cette hyperglobulie est due uniquement à la faible tension de l'oxygène du milieu;

3° L'action mécanique de la pression n'exerce aucune influence sur la production de cette hyperglobulie;

4° L'oxygène à forte tension n'exerce aucune influence sur le globule du sang;

5° Les combustions respiratoires sont moins actives au début du séjour de l'animal dans le milieu raréfié quelles ne le sont dans le milieu ordinaire;

6° L'hyperglobulie semble être produite par la nécessité où se trouve l'animal d'avoir une surface oxygénophore plus étendue pour pouvoir absorber dans le milieu raréfié, la même quantité d'oxygène que celle qu'il absorbait dans le milieu extérieur.

On peut sans danger baser sur ce traitement des essais thérapeutiques.

Nous comptons continuer ces recherches.

Vu : *Pour le Doyen,*
L'Assesseur,
JOLYET.

Vu bon a imprimer :
Le Président de la thèse,
Dr JOLYET.

Vu et permis d'imprimer :
Bordeaux, le 7 janvier 1895,
Le Recteur,
A. COUAT.

18,704. — Bordeaux, Ve Cadoret, impr., rue Montméjan, 17.

EXPLICATION DE LA FIGURE IV

I. Représente la photographie d'une goutte de sang de caille avant que l'animal n'ait été soumis à l'influence du milieu raréfié.

II. Représente la photographie d'une goutte de sang du même animal après qu'il a subi pendant 8 jours l'influence de ce milieu.

L'auréole protoplasmique circulaire qui entoure chaque globulin n'est pas très apparente sur la figure, cette partie n'ayant pu être reproduite par la photographie.

III. Représente la photographie d'une goutte de sang du même animal remis en liberté pendant 8 jours.

On a fixé les globules par l'acide osmique puis coloré au bleu de méthylène.

EXPLICATION DE LA FIGURE IV

I. Représente la photographie d'une goutte de sang de caille avant que l'animal n'ait été soumis à l'influence du milieu raréfié.

II. Représente la photographie d'une goutte de sang du même animal après qu'il a subi pendant 8 jours l'influence de ce milieu.

L'auréole protoplasmique circulaire qui entoure chaque globulin n'est pas très apparente sur la figure, cette partie n'ayant pu être reproduite par la photographie.

III. Représente la photographie d'une goutte de sang du même animal remis en liberté pendant 8 jours.

On a fixé les globules par l'acide osmique puis coloré au bleu de méthylène.

EXPLICATION DE LA FIGURE IV

I. Représente la photographie d'une goutte de sang de caille avant que l'animal n'ait été soumis à l'influence du milieu raréfié.

II. Représente la photographie d'une goutte de sang du même animal après qu'il a subi pendant 8 jours l'influence de ce milieu.

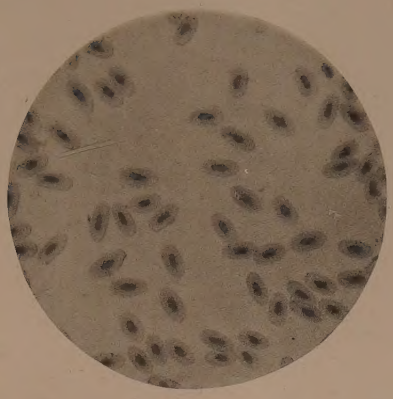
L'auréole protoplasmique circulaire qui entoure chaque globulin n'est pas très apparente sur la figure, cette partie n'ayant pu être reproduite par la photographie.

III. Représente la photographie d'une goutte de sang du même animal remis en liberté pendant 8 jours.

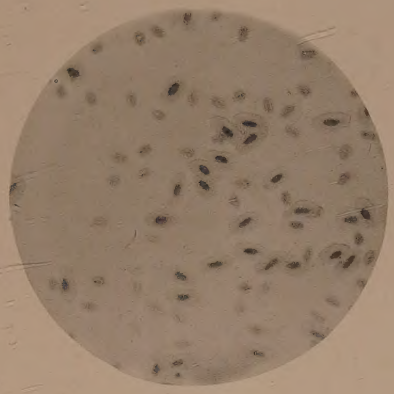
On a fixé les globules par l'acide osmique puis coloré au bleu de méthylène.

FIGURE IV

I.



II.



III.